



## Prólogo do laboratório de Física III

O objetivo dos laboratórios de ensino é o de que os estudantes tenham contato com o trabalho experimental e seu formalismo, ou seja, espera-se que os estudantes aprendam a usar determinados equipamentos dos laboratórios, façam medidas e gráficos, avaliem criticamente erros instrumentais e determinem sua propagação.

Na execução de seus trabalhos em laboratório, tenha cuidado com os aparelhos e sempre peça ao seu professor para verificar se os circuitos montados estão corretos **ANTES** de ligá-los. Faça as suas anotações de maneira cuidadosa, isto poupa tempo na execução do relatório e interpretação do experimento. Não altere resultados experimentais para que se adequem a algum valor esperado.

## Experimento I: Associação de resistores e uso do multímetro

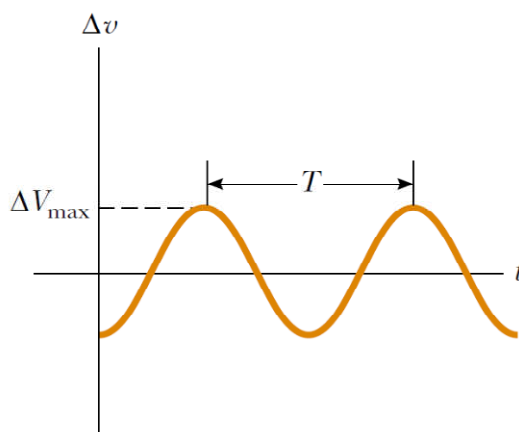
### Objetivos

Aprender sobre o funcionamento e uso de equipamentos usados em laboratórios didáticos de ensino (fontes de tensão, resistores, multímetros (nas funções de amperímetro, ohmímetro e voltímetro)), aprender como se fazem ligações em série e em paralelo de resistores e fazer determinação experimental da resistência equivalente.

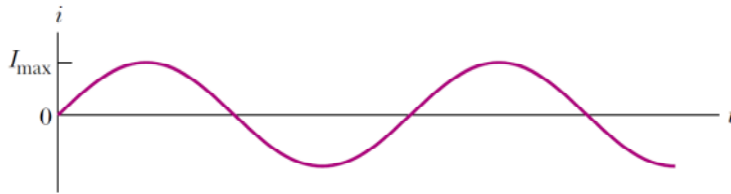
### Introdução

#### Fontes de Tensão e Corrente

A tensão fornecida nas tomadas de nossas casas é o que chamamos de tensão alternada, ou seja, sua polaridade é alternada continuamente no tempo.



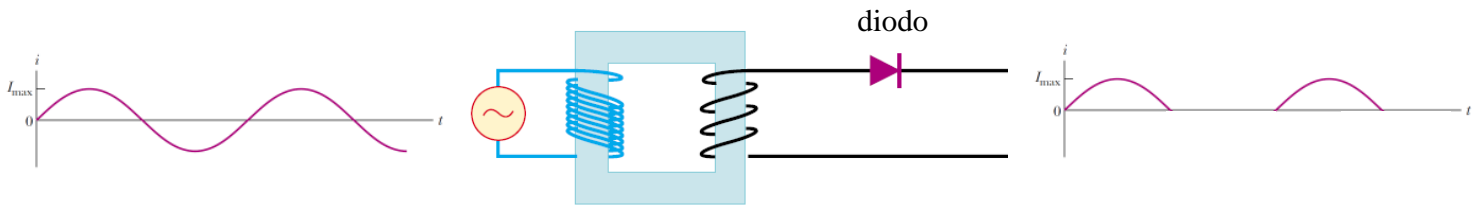
Ao lado temos a diferença de potencial (vtagem,  $\Delta V$ ) fornecida por uma fonte de corrente alternada senoidal, com período  $T$ .



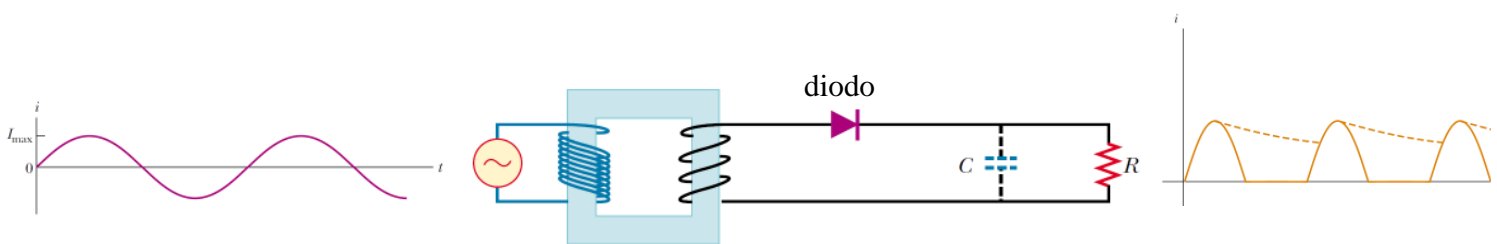
A corrente alternada ( $i$ ) é referida na literatura como ca e o símbolo de uma fonte de corrente alternada em um circuito elétrico é



Quando as correntes e tensões não variam com o tempo temos as fontes de corrente contínua. Para converter a fonte de corrente alternada ca em contínua cc, primeiramente faz-se um abaixamento da ca para os níveis mais baixos necessários para o funcionamento de equipamentos. Em seguida é feita a retificação por meio de diodos retificadores. Transforma-se assim a corrente ca em cc pulsante, mostrada à direita da figura abaixo.



Para se obter uma corrente aproximadamente constante, inclui-se após o retificador (diodo) um filtro (no caso abaixo formado pelo capacitor (C)) que tem como efeito suavizar (linha pontilhada indicada na figura) a corrente contínua pulsante.



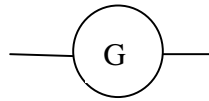
O símbolo de fontes de corrente contínua nos circuitos elétricos é:



Exemplos de fontes de corrente (ou tensão) contínuas são as baterias e as pilhas. Nestes elementos, as tensões são mantidas devido a reações químicas que ocorrem em seus interiores. Nas pilhas, por exemplo, a força eletromotriz (fem) contínua de 1,5V (volts) independe de seu tamanho, pois este valor depende apenas da natureza dos elementos químicos usados para construí-la. Em geral, utilizam-se carvão e zinco na construção de pilhas comuns, sendo o polo positivo constituído pelo carvão e o negativo, pelo zinco. As baterias fornecem uma fem maior que as das pilhas e são constituídas por associações em série de várias pilhas.



### Galvanômetros

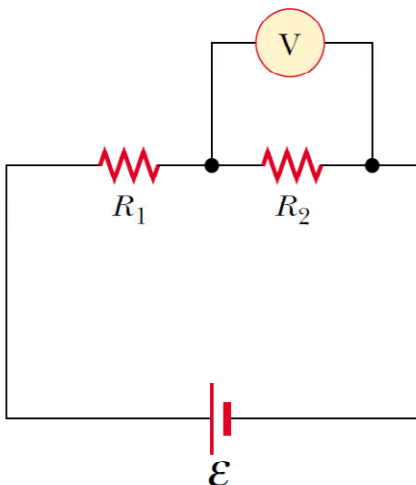
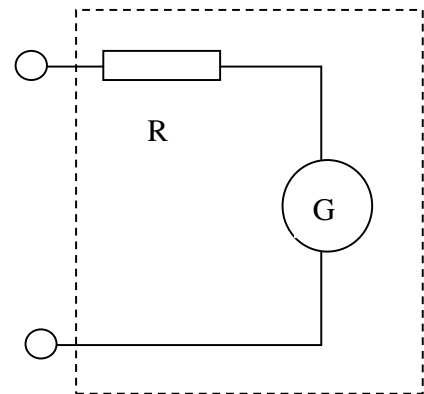


Os galvanômetros são aparelhos muito sensíveis que indicam a passagem de correntes elétricas em trechos de circuitos elétricos. Os galvanômetros são utilizados na construção de outros medidores.

### Voltímetro



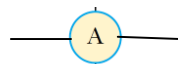
Por exemplo, os **voltímetros** são galvanômetros adaptados para medir a diferença de potencial entre dois pontos de um circuito. Liga-se uma resistência elétrica cuja função é limitar o valor da corrente elétrica no circuito em série com o galvanômetro como mostrado na figura. Cumpre lembrar que o valor desta resistência elétrica deve ser alto, o que diminui os efeitos da inclusão do voltímetro no circuito no qual se deseja medir a diferença de potencial ddp.



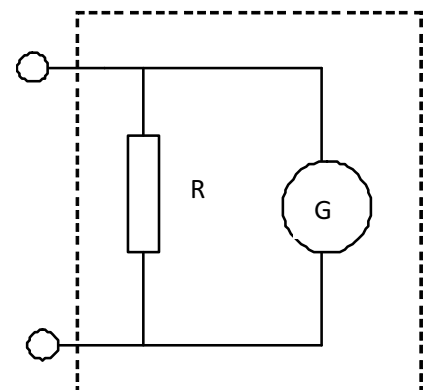
Para medirmos a diferença de potencial ddp entre dois pontos de um circuito, devemos ligar os terminais do voltímetro aos dois pontos, sem que o circuito seja aberto, ou seja, o voltímetro deve ser sempre ligado em paralelo ao elemento sobre o qual desejamos medir a ddp. Na figura ao lado, o voltímetro é usado para medir a ddp no resistor  $R_2$ .

Para que um voltímetro opere corretamente é necessário que a sua resistência interna seja muito maior do aquela que será medida pelo aparelho. Um voltímetro ideal apresenta resistência interna infinita.

### Amperímetro



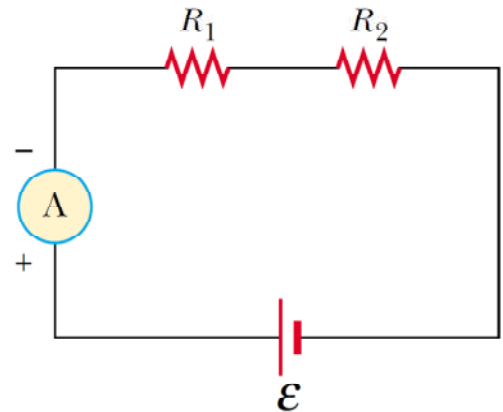
Na construção dos **amperímetros** o galvanômetro é ligado em paralelo com um resistor. Os amperímetros são usados para medir a intensidade da corrente elétrica em pontos escolhidos de um circuito.





Para medir-se a corrente em determinado ponto de um circuito, o circuito deve ser aberto e o amperímetro deve ser introduzido em série em tal ponto. Para que a interferência do amperímetro seja a menor possível, o mesmo deve apresentar a menor resistência interna possível. Um amperímetro ideal apresenta resistência interna nula.

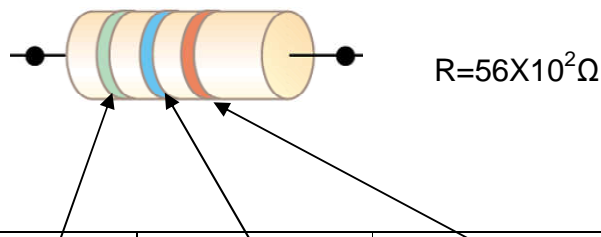
Na figura ao lado, o amperímetro mede a corrente que circula nos resistores  $R_1$  e  $R_2$ .



Os **multímetros** são aparelhos que podem operar nas funções voltímetro, amperímetro, ohmímetro (medição de resistências elétricas) e capacitímetro (medição de capacitâncias). As funções e escalas podem ser escolhidas por meio de chaves seletoras presentes nos multímetros.

### Resistores

Os resistores são usados como limitadores de corrente em circuitos elétricos. Comercialmente os resistores mais comuns são os resistores de fio (por exemplo, o resistor de um chuveiro elétrico) ou os resistores de carvão. Os resistores de carvão apresentam em seu revestimento faixas coloridas que fornecem o valor do resistor segundo um código universal.



Cor	1º algarismo	2º algarismo	multiplicador	Tolerância (quarta linha)
preto	0	0	1	
marrom	1	1	10	
vermelho	2	2	$10^2$	
alaranjado	3	3	$10^3$	
amarelo	4	4	$10^4$	
verde	5	5	$10^5$	
azul	6	6	$10^6$	
violeta	7	7	$10^7$	
cinza	8	8	$10^8$	
branco	9	9	$10^9$	
dourado			$10^{-1}$	5%
prateado			$10^{-2}$	10%
Sem cor				20%



Quando os resistores são todos ligados em série uma única corrente circula, mas a tensão vai caindo a cada resistor atravessado. Portanto, o somatório das quedas de tensão em cada resistor é a tensão fornecida pela fonte:

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2 + \dots + V_N$$

A lei de Ohm estabelece que a relação entre a corrente ( $i$ ), a tensão (ou ddp,  $V$ ) e a resistência ( $R$ ) para um elemento de circuito é dada por  $V = R \cdot i$ . Logo,

$$i_{\text{total}} R_{\text{total}} = i_1 R_1 + i_2 R_2 + \dots + i_N R_N$$

Num circuito ligado em série a corrente é a mesma para todos os componentes do circuito:

$$i_1 = i_2 = i_3 = \dots = i_N$$

Portanto, a resistência equivalente será:

$$R_{\text{total}} = \sum_1^N R_N$$

No caso do circuito estar ligado em paralelo, cada resistor terá seu próprio valor de corrente. A ddp ( $V$ ) em todos ramos ligados em paralelo entre si é constante, mas  $i$  varia. Logo:

$$V_{\text{total}} = V_1 = V_2 = \dots = V_N$$

e

$$i_1 + i_2 + \dots + i_N = i_{\text{total}}$$

Portanto:

$$\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_N}{R_N} = \frac{V_{\text{total}}}{R_{\text{total}}}$$

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N} = \frac{1}{R_{\text{total}}}$$

$$\frac{1}{R_{\text{total}}} = \sum_1^N \frac{1}{R_N}$$



## Procedimento

### Material utilizado

- 01 fonte universal 30 V CC
- 01 multímetro CC
- 01 resistor 510  $\Omega$
- 01 resistor 1 k $\Omega$
- 01 resistor 2 k $\Omega$
- Cabos de ligação e conectores

### Circuito série

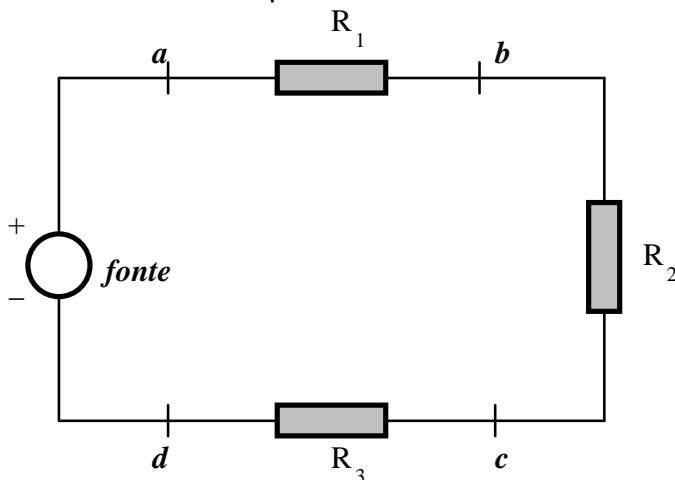
Anote os valores nominais de seus resistores. (Os valores nominais são os valores fornecidos pelo fabricante.)

$R_1 =$

$R_2 =$

$R_3 =$

Monte o circuito esquematizado abaixo.



Fixe a tensão da fonte em 30 V.

Conecte, em paralelo, o multímetro na função voltímetro CC aos pontos **a** e **d** (saída da fonte). Este é o valor da tensão total. Conecte a seguir o voltímetro aos pontos **a** e **b**, **b** e **c**, **c** e **d**, anotando em cada caso os valores das tensões (ou ddp) em cada resistor.

$V_{\text{total}} =$

$V_1 =$

$V_2 =$

$V_3 =$

Interrompa o circuito nos pontos **a**, **b**, **c** e **d**, e meça a corrente do circuito utilizando o multímetro na função amperímetro CC.

$i =$

Calcule, a partir das tensões e da corrente medida, o valor de cada resistência:



$$R_1 = \frac{V_1}{i} =$$

$$R_2 = \frac{V_2}{i} =$$

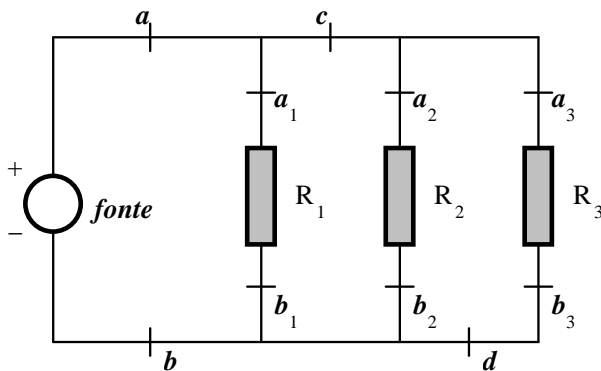
$$R_3 = \frac{V_3}{i} =$$

$$R_{\text{total}} = \frac{V_{\text{total}}}{i} =$$

Some as resistências  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ , encontradas experimentalmente, e compare com o resultado obtido na soma dos valores nominais das mesmas. Os valores das duas somas são iguais?

### Circuito paralelo

Monte o circuito esquematizado abaixo:



Meça a diferença de potencial entre os pontos **a** e **b**, **a<sub>1</sub>** e **b<sub>1</sub>**, **a<sub>2</sub>** e **b<sub>2</sub>**, **a<sub>3</sub>** e **b<sub>3</sub>**.

$$V_{\text{total}} =$$

$$V_1 =$$

$$V_2 =$$

$$V_3 =$$

Agora interrompa o circuito em um nó, de modo a poder medir a corrente em cada resistor e a corrente total. Um nó é o ponto onde dois ou mais condutores se juntam.

$$i_{\text{total}} =$$

$$i_1 =$$

$$i_2 =$$

$$i_3 =$$



Calcule, a partir da tensão e das correntes medidas, o valor de cada resistência:

$$R_1 = \frac{V}{i_1} =$$

$$R_2 = \frac{V}{i_2} =$$

$$R_3 = \frac{V}{i_3} =$$

$$R_{total} = \frac{V}{i_{total}} =$$

Faça o mesmo cálculo da resistência equivalente, usando agora os valores nominais das resistências. Compare os valores medidos e os valores calculados.